

## 非火薬組成の破砕剤を除雪に活用する基礎検討

### Basic examination which for snow removal utilizes the crush agent of non-gunpowder composition

中村隆一, 住田則行, 山崎貴志, 三浦豪 ((独) 土木研究所 寒地土木研究所)  
Ryuichi Nakamura, Noriyuki Sumita, Takashi Yamazaki, Go Miura

#### 1. はじめに

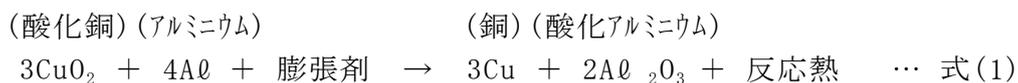
積雪寒冷地の冬期道路においては、雪崩災害を未然に防止するため、法面の雪底などの除排雪が行われているが、人力作業に頼るところが大きく、危険作業であるとともに費用も高額となっている。そのため、効率的で安全性の高い除排雪工法が望まれている。

本稿では、道路法面に形成される大規模な雪底除雪に活用することを目的に、岩盤やコンクリート構造物の解体処理に活用されている非火薬組成の破砕剤を自然積雪の雪中に配置し、発破時の破砕伝播圧の測定と破砕生成残渣の分析を行ったので報告する。

#### 2. 発破試験

##### 2. 1 非火薬組成破砕剤の特徴

非火薬組成の破砕剤（以下、「破砕剤」という。）は、岩盤やコンクリート構造物の解体処理に活用されている、酸化銅とアルミニウムを主成分とするテルミット反応を利用した薬剤であり、火薬類を使用していないことから、法による規制が少なく、低振動・低騒音の破砕を行えることが特徴である。以下に破砕剤の化学反応式の例を示す。



##### 2. 2 試験概要

試験は、交通等による外的影響を受けていない自然積雪の雪中で破砕剤を発破した。表1及び以下に概要を示す。

試験日：平成25年2月12日（破砕生成残渣の採取）

平成25年2月25日～26日（破砕伝播圧の測定）

場所：(独) 土木研究所 寒地土木研究所 石狩実験場内

破砕剤：市販品3種類

表1 試験項目

試験項目	種別	細別
破砕伝播圧の測定	単発発破(1本)	0.5m, 1.0m, 1.5m, 2.0m
	一斉発破(4本)	直列配置1.0m間隔, 千鳥配置1.0m間隔
破砕生成残渣の分析	重金属	カドミウム, シアン, 鉛, 有機リン, 六価クロム, 砒素, 総水銀, アルキル水銀, PCB, ホウ素, フッ素
	ダイオキシン類	ダイオキシン類
	化合物	酸化アルミニウム, アルミニウム, 溶解性アルミニウム, 銅, 酸化銅
	その他	pH, 硫酸イオン, 硝酸イオン

### 2. 3 試験方法

破砕伝播圧の測定は、破砕剤から一定の距離にロードセル 3 個を組み込んだ受圧板を配置し、発破時の圧力を計測した。破砕剤と受圧板の設置断面及び平面の概要を図 1～図 3 に示す。

また、雪中で発破した場合に生じる破砕生成残渣を分析した。分析用の検体は、雪中で発破した際の破砕影響部の雪を全量採取し、その雪を溶かしたものを各破砕剤毎 2 検体用意した。なお、各発破で破砕影響部の範囲が異なるため、検体の融雪量も各々異なる。検体の採取方法の概要を図 4 に示す。また、発破前後の影響を確認するため、自然積雪のままの雪（ブランク雪）についても分析した。

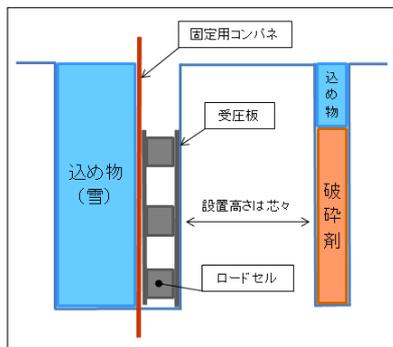


図 1 破砕剤と受圧板の設置断面図

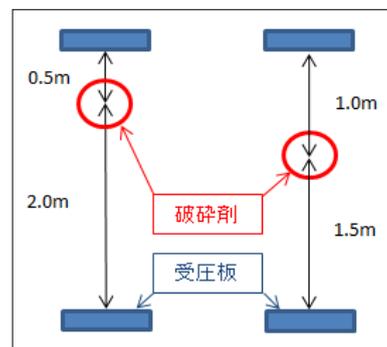


図 2 破砕剤と受圧板の設置平面図(単発)

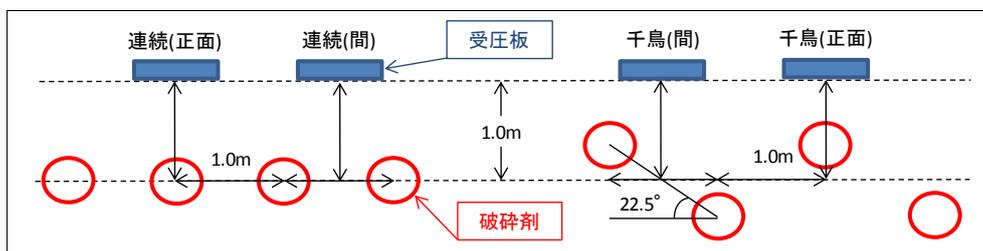


図 3 破砕剤と受圧板の設置平面図(連続)

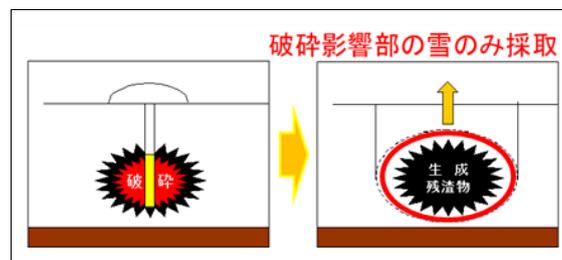


図 4 検体の採取方法

### 2. 4 試験結果

試験は、図 5 に示すとおり、積雪深 0～45cm ざらめ雪、45～130cm しまり雪、雪硬度の平均が約 80kN/m<sup>2</sup>、雪密度の平均が約 330kg/m<sup>3</sup> の自然積雪で行った。破砕剤 A、B、C の 3 種類を雪中で発破し、破砕伝播圧を測定した。その結果、図 6 に示すように雪中で発破した場合、雪を破砕する効果があったのは破砕剤 A、B の 2 種類で、破砕伝播圧は図 7 に示すとおり破砕剤 A、B、C の順に大きく、破砕剤中心付近の雪の破砕量が多かった。

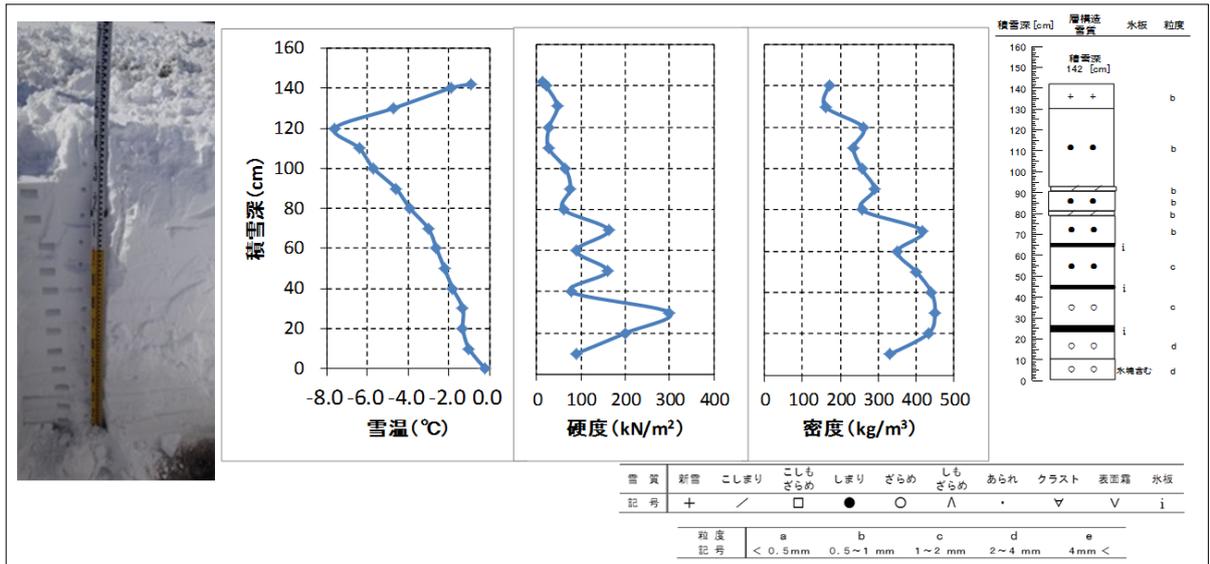


図5 自然積雪の計測結果

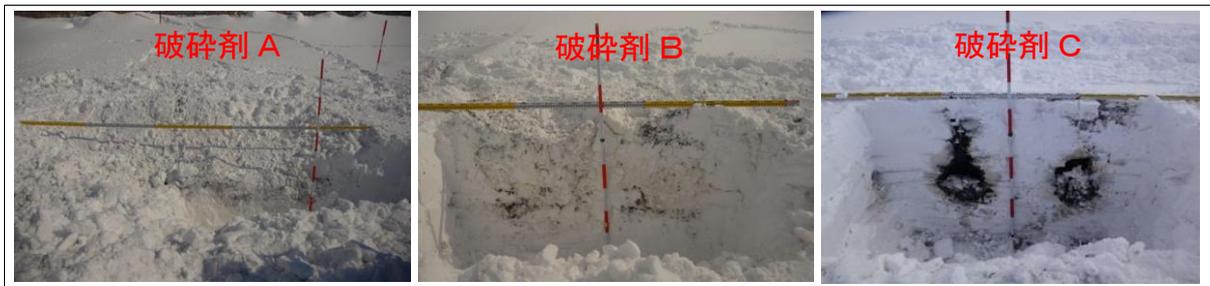


図6 破砕剤による破砕断面

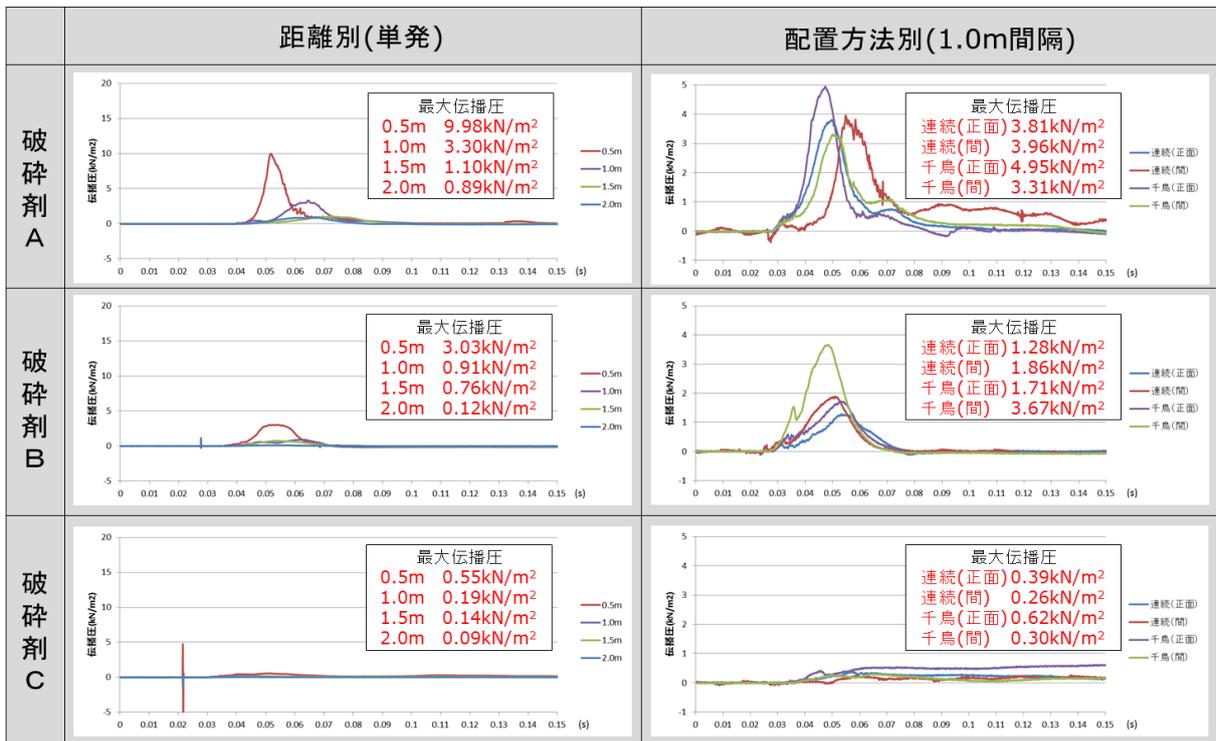


図7 破砕伝播圧の測定結果

次に、雪中で発破した場合に生じる破碎生成残渣の分析結果を表2及び表3に示す。分析結果に示すとおり、破碎剤毎の生成残渣の傾向を確認することができた。

表2 生成残渣の分析結果

(単位: mg/l)

生成残渣分析	ブラソ雪	破碎剤A ① 融雪量346l	破碎剤A ② 融雪量298l	破碎剤B ① 融雪量103l	破碎剤B ② 融雪量 52l	破碎剤C ① 融雪量142l	破碎剤C ② 融雪量117l
(01) カドミウム	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003	0.0005	0.0007	0.0008
(02) シアン	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
(03) 鉛	0.003	0.008	0.008	0.33	0.44	0.022	0.028
(04) 有機リン	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
(05) 六価クロム	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
(06) 砒素	0.001	0.003	0.002	0.004	0.010	0.009	0.013
(07) 総水銀	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005
(08) アルキル水銀	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005
(09) PCB	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005
(10) 杵素	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	0.13	0.16
(11) フッ素	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.1	0.1
(12) 酸化アルミニウム	0.25	8.8	2.3	490	530	590	730
(13) アルミニウム	0.13	4.7	1.2	260	280	300	390
(14) 溶解性アルミニウム	0.05	0.02	0.02	0.02	0.02	95	150
(15) 銅	0.35	76	49	330	1500	380	590
(16) 酸化銅	0.44	95	62	410	1900	480	740
(17) pH	5.3	6.5	6.7	7.4	6.8	4.5	4.4
(18) 硝酸イオン	1.1	1.0	1.2	1.3	1.1	2.3	1.8
(19) 硫酸イオン	5.2	12.2	5.1	1100	2250	5700	2900

表3 ダイオキシン類含有の分析結果

(単位: pg-TEQ/l)

ダイオキシン類含有分析	ブラソ雪	破碎剤A 融雪量346l	破碎剤B 融雪量103l	破碎剤C 融雪量142l
(01) ダイオキシン類含有量	0.31	0.75	0.25	0.15

### 3. まとめ

非火薬組成の破碎剤を雪中で発破した場合の破碎効果と破碎生成残渣について確認した。その結果、雪に対する破碎の適用性が確認できた。

なお、破碎剤の現場適用に際しては、破碎生成残渣を考慮し、施工計画を立案する必要がある。

非火薬組成の破碎剤は、法による規制が少なく、取り扱いが容易で、緊急的な除雪にも対応できるため、今後は、人力作業の省力化に貢献できる効率的な工法として確立を目指していきたい。